

(19)日本国特許庁 (JP)

(12)特 許 公 報 (B 2)

(11)特許出願公告番号

特公平6-75814

(24)(44)公告日 平成6年(1994)9月28日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup> 識別記号 F I

B23Q 15/013 9136-3C

B23B 5/24 9136-3C

21/00 C 9136-3C

発明の数1 (全19頁)

(21)出願番号 特願昭61-104583

(22)出願日 昭和61年(1986)5月7日

(65)公開番号 特開昭62-44353

(43)公開日 昭和62年(1987)2月26日

(31)優先権主張番号 7 3 1 4 1 9

(32)優先日 1985年5月7日

(33)優先権主張国 米国 (U S)

審判番号 平5-16047

(71)出願人 999999999  
ザ・クロス・カンパニー  
アメリカ合衆国ミシガン州48026, フレイ  
ザー, フォーティーン・マイル・ロード  
17801

(72)発明者 ロナルド・イー・コンプトン  
アメリカ合衆国ミシガン州48076, サウス  
フィールド, フォレストウッド・ドライブ  
20076

(74)代理人 弁理士 湯浅 恭三 (外4名)

審判の合議体  
審判長 野上 智司  
審判官 桐本 勲  
審判官 播 博

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 計算機数値制御旋盤

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】被加工物(42)を回転可能に取り付けるための装置(45,46)と、キャリジ(128)と、切削工具(56)と、前記切削工具(56)を前記キャリジ(128)に取り付けるための装置(130)と、前記被加工物を切削している間に、前記キャリジ(128)を前記被加工物(42)に関して相対的に直線通路に沿って往復運動させるための装置(72)と、前記キャリジ(128)の移動を制御して前記切削工具(56)に前記被加工物(42)を切削させる制御装置(80)とを備えた旋盤において、前記キャリジ(128)は、前記直線通路に対して平行に伸びる案内面を備えており、キャリジ(128)を往復運動させるための装置(72)が、前記制御装置(80)に応答する電気リニアモータ(72)と、前記被加工物(42)への及び前記被加工物

2

(42)からの前記直線通路に沿って前記キャリジ(128)を案内するための案内装置(132,134,174,176)と、前記キャリジ(128)が沿って移動する前記直線通路に対して横方向に前記案内装置(132,134,174,176)を偏倚して前記キャリジ(128)が前記直線通路を横切る方向に移動するのを阻止する偏倚装置(148,188)とを備えており、前記案内装置は、前記キャリジの両側部上で作動する対向した複数の組の回転部材(138,178)を備えており、前記偏倚装置により、各組の一方の回転部材が、被加工物を切削している間に工具に生ずる反力に抗するのに十分な力で、前記キャリジの前記案内面に向けて付勢されており、各組の他方の回転部材が、定位置で前記キャリジを支持していることを特徴とする旋盤。

10

【請求項 2】前記制御装置 (80) が閉ループ制御装置である請求項 1 に記載の旋盤。

【請求項 3】少なくとも一組の回転部材が、複数の変位不能に取り付けられたローラと、前記キャリジの外面のそれぞれの部分と直線状に接触する複数の変位可能に取り付けられたローラとを有する請求項 1 に記載の旋盤。

【請求項 4】変位可能に取り付けられた前記ローラが、前記偏倚装置によって予め負荷が加えられる請求項 3 に記載の旋盤。

【請求項 5】変位不能に取り付けられた前記ローラを前記直線通路に向かって或いは前記直線通路から離れるように選択的に位置決めするための装置を更に備えている請求項 3 又は 4 に記載の旋盤。

【請求項 6】前記キャリジの外面が少なくとも二つの直角になっている外面部分を有し、二組の前記ローラが直角に配置されており、各組のローラが前記キャリジのそれぞれの対向する外面部分と接触する請求項 1 に記載の旋盤。

【請求項 7】前記キャリジは、横断面が多角形の外面を有している請求項 1 に記載の旋盤。

【請求項 8】前記キャリジが中空である請求項 1 に記載の旋盤。

【請求項 9】前記偏倚装置が少なくとも一つの板ばね組立体を備えている請求項 1、3 又は 4 に記載の旋盤。

【請求項 10】前記リニアモータが、前記キャリジに作動的に接続された直線的に移動可能なアーマチュアを備えている請求項 1 に記載の旋盤。

【請求項 11】前記閉ループ制御装置が、閉ループ制御装置によって使用されるための第 1 の信号を与えるように前記リニアモータによって前記キャリジに加えられる運動によって動作される第 1 のセンサを備えている請求項 2 に記載の旋盤。

【請求項 12】前記第 1 のセンサが、前記キャリジと共に移動するようにそのキャリジに取り付けられた格子形の固定した基準スケールを備えている請求項 11 に記載の旋盤。

【請求項 13】前記閉ループ制御装置が、閉ループ制御装置によって使用されるための第 2 の信号を与えるように前記リニアモータによって前記キャリジに加えられる運動によって動作される第 2 のセンサを備えている請求項 2 又は 11 に記載の旋盤。

【請求項 14】前記第 2 のセンサが、検出コイルと、前記リニアモータによる前記キャリジの動作と共に前記検出コイルに関して相対的に移動可能なコアとを備えている請求項 13 に記載の旋盤。

【発明の詳細な説明】

産業上の利用分野

本発明は一般的に旋盤に係り、更に詳細に言えば、ピストンの如き部品を複雑に旋盤かけするようにした新規で独特な計算機数値制御旋盤に係るものである。

従来の技術

ピストン旋盤かけ作業において工具ヘッドの半径方向位置を制御する 1 つの従来技術が 1980 年 5 月 13 日付で許可された「工作機械制御システム」と称する発明に係る米国特許第 4,203,062 号に記載されている。このシステムでは工具を駆動する直線モーターの付勢を制御する誤り信号を発生するため工具の現位置を表わす位置信号をプログラムされた位置信号と比較するためフィードバックグループによる計算機数値制御を利用する。

10 既知の旋盤の 1 例が 1975 年 3 月 11 日付で許可された「ピストン旋盤」と称する発明に係る米国特許第 3,869,947 号に記載されている。この特許の旋盤においては、たとえばピストンの如き旋盤かけされる部品を適当にチャックでつかみその軸線を中心として適当な速度で回転させる。切削工具が部品に沿い軸線方向に通過している際に、切削工具の半径方向位置を部品を所望の形状にするよう部品の回転と連続的に関連させる。このように関連させるにはカム・従動システムすなわち装置により行う。そのようなシステムは部品に偏心性とテーパとを与える、すなわち、複雑に旋盤かけできる。いい代えれば、ピストンの場合には、このシステムは所望の形状如何により円形か楕円形の断面の真直かテーパ付きのスカートを生じることができる。

発明が解決しようとする問題点

そのような旋盤は同じ部品を多数作るのに好適である。しかしながら、もし異なる形状の部品を旋盤かけする場合には、切り換えのため停止する必要がある。そのような停止が起きると、旋盤の生産的使用をやめ、また精密に旋盤かけする場合には、通例の如く新たなカム・従動子システムが所望の精密度を生じるように注意する必要がある。新たなカムの段取り時間量もまた旋盤の総停止時間に加わる。

ピストンのスカートに行う旋盤かけ作業ではピストンを比較的に高い速度で回転させる。前記したカム・従動子システムでは、旋盤と機構との動力学が従動子でカムの軌道を進む能力を制限する。従って、カム面の形状が僅かに変わると、従動子はカム面を進むのが容易でなく、特定の速度で旋盤が部品を機械加工する究極の精度を制限する。

40 問題を解決するための手段

本発明は従来技術の旋盤よりいくつかの利点を有している新規にして改良された旋盤に関する。

1 つの重要な利点は本発明が部品の形状を決めるため数値的入力データを使用することにより機械的カム・従動子システムを使用しないということである。このデータ旋盤かけ中常に工具の位置を制御する適当な指令を発する計算機数値制御装置すなわちシステムが処理する。従って、本発明の原理を具体化する旋盤はその能力を究極に制限する従来技術のカム・従動子システムの機械的動力学により制限されていない。

本発明の実施にあたり制御データをカムのような機械的模型としてよりむしろ電子的形式に具体化するので、部品の形状を変える時念入りの機械的切換えを必要としない。計算機数値制御システムには新たな部品用の新たな部品プログラムが入力されてこのシステムは新たな部品プログラムデータを処理して切削工具を制御する適当な指令を出す。

旋盤が多くの異なる寸法の部品を処理できるのでその多用性がいちじるしく高まるばかりでなく本発明はまた生産性をいちじるしく高める機会がある。

切削工具に計算機数値制御システムを応用するという一般的な考えはもちろん知られている。たとえば、計算機数値制御旋盤は代表的な市販製品である。しかしながら、ピストン旋盤の如き高速度旋盤かけ装置の状況において、計算機数値制御技術の応用は切削工具を位置決めする機構の機械的制約によりこれまでは実現できないと思われていた。

部品をたとえば 1 分間数千回の速度で回転させ楕円形断面形状を与える状況を考察されたい。切削工具は部品の各完全回転毎に部品の半径方向に 2 往復する必要がある。1 分間に 2400 回転するピストンの場合には、このことは切削工具を 80 ヘルツの周波数で精密に制御されて直線的に振動する必要があることを意味する。たとえば、もしこの速度で 0.007 インチ半径方向に変位するよう工具を加速する必要があると仮定すると、加速は 1 秒間に 37 フットにも上る。この程度の応答にするには振動している切削工具に関係する質量は小さくしなければならない。しかも切削工具を含む質量体がこのように振動運動しているとそれと同時に質量体は回転している部品と切削工具とが相互に作用することにより負荷をかけられている。予想される振動周波数で満足に応答するため切削工具に関係した質量を極減するという要件と質量体を静的および動的摩擦を極減して正確に直線的に案内するという要件とは切削工具とそれに関係した質量体とを部品を所望の輪郭形状にするため工具のがたまたはゆがみもしくははその両方といった如き好ましくない影響もなくそれらにかけた負荷に耐えるよう頑丈な構造にしてしつかり支持するという要件とは矛盾しているように思える。更にまた、多くの部品は軸線方向のテーパを含む複雑な輪郭形状を有しているので、そのようなテーパも一般に考慮に入れる必要がある。

従つて、本発明の別の面は切削工具を振動させる機械的機構用の新規にして独得な構造に関係している。新規にして独得な特徴のうちには切削工具に振動運動を与える原動機と、切削工具のキヤリジの構造と、キヤリジをヘッド上に案内する配列とがある。

本発明の好ましい具体例では、原動機は時には音声コイルモーターと呼称するリニヤモーターを備えている。この原動機は敏速に応答する低慣性電機子を有ししかも切削工事が旋盤かけされている部品と相互に作用する時に

かかる切削負荷に耐えるに十分な力を出し精密に運動できる。切削工具キヤリジはモーターの電機子により作動する。キヤリジをヘッドに頑丈にしかも低摩擦に装着するとまた切削負荷に抵抗する助けとなると共に所望の振動作用を得られるようにし、従つて、常に正確な部品を生産する。

本発明の別の面は旋盤の計算機数値制御システムとある機械的機構との間の共働関係に関する。計算機数値制御作用の一部は旋盤かけされている部品の閉ループ制御に使用されそれにより切削工具に相対的な部品の軸線方向位置と部品のその回転軸線を中心とする回転位置とが常に正確に制御され判る。計算機数値制御は前記した閉ループ制御と共働して部品プログラムに作用して音声コイルモーター、従つて切削工具の半径方向振動を制御するのに使用する互いに関連した指令を発する。これら指令は高速データリンクにより位置プロフィールコンピュータに伝達され、このコンピュータは楕円形輪郭が機械加工されている時音声モーターに指令を部品の 1 回転毎に切削工具を 2 回振動させるに適当な形式に変える。

位置プロフィールコンピュータは切削工具の半径方向位置決め用の装置であり切削工具位置用の閉ループ制御回路の一部を形成している。音声コイルモーターとキヤリジとは種々のセンサーが組み合わせてあり、これらセンサーはこの閉ループ制御回路にフィードバック信号を送る。これらセンサーはすべて計算機数値制御回路からのデジタルデータと種々のセンサーからのフィードバック信号とが適当に処理されて切削工具を所望に従い振動させる音声コイルモーター用の制御電流を生じる。

従つて、図示した装置はデジタル計算を行うデジタル回路要素を備えている。この装置はまた音声コイルモーター用の適当なアナログ制御電流を生じるためあるデジタル指令を処理するような構造と配置とにしたデジタルをアナログに変える装置も有している。後記に明かになるが、この閉ループ制御回路には工具を計算機数値指令に従わせる点において利点を有する特定の関係がある。

以上の特徴、利点および利益はその他のものと共に添付図面を参照して以下に詳細に説明することにより明かになることと思う。添付図面には本発明を実施するのに現在のところ好ましい具体例が例示的に示してある。

図示したある関係を第 1 図ないし第 5 図を参照して先づ説明することにより本発明の原理は恐らく容易に理解できよう。

第 1 図と第 2 図とには典型的にはピストンのスカートである複雑な表面 20 が線図で示してある。第 1 図と第 2 図とは線図であるのであり実際のピストンにおける典型的な比率に比較して拡大してあることは理解する必要がある。

表面 20 は長さ方向軸線 22 を有しているものと考えることができる。

表面 20 がまたほぼ截頭円錐形の形状を有していると考え

ることができるが、端面図と断面図とで示した第 1 図を考察すれば分かるように表面の実際の断面は楕円形である。

表面 20 はいくつかある方法のいずれかで数理的に決めることができる。図示した本発明の好ましい具体例では計算機数値制御を利用するので、表面 20 はスペースをあけた 1 組の不連続の点として定義する。これらの点は 1 つの座標が 1 つの半径方向データから起因する長さ方向軸線 22 を中心とする角度位置を表わし、別の座標が 1 つの長さ方向データから由来する長さ方向軸線 22 に沿う長さ

方向（軸線方向）位置を表わした第 3 の座標が軸線 22 に対する 1 つの半径を表わす 3 次元座標系できわめて便利に定義する。便宜上、角度座標は一般的記号  $\theta$  で表わし、長さ方向座標は一般的記号  $z$  で表わし、半径座標は一般的記号  $r$  で表わす。

不連続点の定義における精度は使用する点の数に関係する。いい代えれば、説明が微細であればある程、表面の定義がそれだけ精密である。

便宜上、各増分量が  $360/n$  度に対応するよう軸線 22 を中心として総数  $n$  の増分があると仮定する。長さ方向においては増分は典型的には一般にインチの数千分のいくつかそれ以下である。

これに基づいて、各  $z$  座標ではそれぞれが軸線 22 を中心として  $360/n$  の増分のそれぞれにおける半径に相当する  $n$  データ点の部分的組により定義する。いい代えれば、各  $z$  座標における部分的表面の定義を  $360/n$  半径の一次元マトリックスとして考えることができる。もし  $m$  数の長さ方向増分があれば、表面全体は半径の 2 次元  $n \times m$  マトリックスで定義する。

図示した具体例では、軸線 22 を中心として 1 度の増分が 360 個あるよう  $n = 360$  である。いい代えれば、長さ方向軸線 22 に沿う  $m$  数の軸線方向増分のそれぞれに対して  $n$  はゼロから 359 まで変化する。 $m$  数の増分数は工具が部品に沿い軸線方向に進む際における部品の回転速度と工具の軸線方向送り速度との間と部品の長さとの関係の如何に左右される。第 3 図には表面 20 の数理的  $n \times m$  マトリックスの定義が示してある。

複雑なピストンの場合には、本発明の旋盤はピストンのスカートを表 20 の寸法形状にまで切削するよう未加工ピストンを加工する。旋盤は第 3 図のマトリックスで表わした如き数理的表面の定義を利用して切削工具をピストンに相対的に適当に運動させる。このことを行う手段は後記する。次に切削工具を運動させるため部品表面の定義マトリックスを使用する方法を第 4 図と第 5 図とを参照して更に図式で説明する。

ピストンが軸線 22 を中心として回転するに従い、軸線 22 を中心とするピストンの角度を絶えず監視する。軸線 22 に相対的な切削工具の角度が既知でありまたほぼ一定であるので、もし切削工具の先端が軸線 22 に対する半径とほぼ一致して振動すると、監視した角度位置を使用して

ピストンが回転している時特定の瞬時に切削工具の先端に向けられている工具の角度座標を決める。

同様に、もし切削工具に関する部品の長さ方向位置を絶えず監視すると、ピストンに関する切削工具の先端の軸線方向位置もまた任意の瞬時に分かる。

従つて、任意の瞬時にこれら 2 つの条件が切削工具に向けられているピストンの点を決める。本発明の旋盤はこれら 2 つの条件で作用し、特定の部品プログラムを計算機数値制御により行い切削工具を絶えず適当な半径方向に位置決めし、従つて、ピストンのスカートに所望の表面切削を行う。

この関係を第 4 図に参照して説明する。工具の半径方向位置は工具位置プロファイルと呼称し部品表面定義マトリックスおよび部品に相対的な工具軸線方向ならびに角度位置との 1 関数として示す。軸線方向および角度位置はもちろんまたそれぞれ軸線方向および角速度にも関連している。

便宜上、被加工物に相対的な工具の  $z$  軸速度、すなわち、送り速度が一定でありまた部品に切削される表面が第 1 図と第 2 図とを参照して説明した如き複雑なものであると仮定する。部品の円周に 1 回 360 点のデータ点ある図示した例に対しては、制御回路は工具位置に対し 360 データ点の対称するシーケンスを生じるよう作用する。いい代えれば、部品位置の  $m$  番目の部分組合わせに対しては、制御回路は変数  $X$  に対し対応する組のデータ点を生じる、すなわち、工具位置プロファイルを生じる。第 5 図にはこれらデータ点の切削工具の半径方向振動運動に対する関係が示してある。もし部品が円周方向に楕円形断面の長軸の一端が切削工具の先端に向けられると仮定すれば、切削工具は楕円形の短軸が長軸から  $90^\circ$  であるのでその後部品が  $90^\circ$  にわたり半径方向内方に前進する必要がある。部品が  $90^\circ$  回転すると  $90$  のデータ点を生じるので、変数  $X$  用の  $90$  のデータ点の対応する組が生じこれらが第 5 図に想像上の直線セグメントに沿い生じるものとして示してある。楕円形の短軸の一端を切削工具の先端に向けると、その際に切削工具は方向を逆転して部品の次の  $90^\circ$  回転中半径方向外方に運動する必要がある。部品が  $90^\circ$  と  $170^\circ$  との間を回転中部品表面を決定する  $90$  のデータ点の第 2 の組が変数  $X$  に対し  $90$  のデータ点の対応する組を生じる。これら  $90$  のデータ点は第 5 図に想像線 26 に沿い示してある。この説明に基いて、部品が  $180^\circ$  回転中切削工具が 1 回完全に振動することが理解できよう。部品の  $180^\circ$  と  $269^\circ$  との間を回転により  $X$  のデータ点が生じたセグメント 28 と部品が  $270^\circ$  から  $359^\circ$  の回転の四分円により  $X$  のデータ点が生じたセグメント 30 とにより第 2 の振動が示してある。

第 5 図は例示のため誇大してあり工具が振動する毎に半径方向内方に漸次に増分して移動するので部品に軸線方向テーパが付されていることを示している。このテーパは各振動中における工具の先端の運動の半径方向内方の

点を通り想像線32をまた半径方向外方の点を通り対応する線34を引くことにより表わす。もし部品にテーバを付さないで線32、34は軸線22に平行である。

部品の全面を決めるマトリックスが制御回路により処理され切削工具に対応する運動パターンを生じその結果旋盤かけされている部品を所望の形状にするまでこのようにして処理が進む。

制御回路により生じるXデータ点を処理して工具をそれに対応して運動させる。データはデジタルの形式で示してあるが、機械的および電子的構成要素を含む旋盤の物理的特性は機械加工を滑かに行うよう共働する。このことは増分を適当に選択するか装置のある構成要素の特性を適当に選択するかもしくはその両方により行い、たとえば、電子装置にデジタルをアナログに変える構成要素を使用できる。

以上工具の作用を部品表面決めに如何にして関連させるかを説明したが、次に旋盤自体を詳細に説明する。

第6図と第7図とは本発明の旋盤40の現在のところ好ましい具体例の全体の構造と配置とが一般的に示してある。旋盤はピストン42のスカートに旋盤がけするため使用するようになし、このピストンは駆動手段すなわち装置46と回りセンタースピンドル48とにより適当に同心につかまれ軸線44を中心として回転せしめられる。部品をこのようにつかみ回転させる構成は従来通りである。

駆動手段46はサーボモータ50により回転させる。タコメータ52と符号器54とがサーボモータに作用的に接続され旋盤40が使用する電気的信号を生じる。タコメータ52は回転の瞬時の速度、すなわち、旋盤がけ速度を表わす信号を生じ、符号器54は瞬時の回転位置を表わす信号を出す。符号器とタコメータとは在来の装置であり、回転シャフトの位置と速度とは数理的に関連せしめられることは知られているが、1個のセンサーに代り2個のセンサーを使用してそれぞれ速度と位置との情報を提供することが好ましい。

たとえば、符号器54は瞬時の回転位置を便利な測定単位で表わすデジタル信号を出すデジタル装置である。便宜上、デジタル信号は軸線44を中心として1度の回転増分にして提供され、このようにしてピストン42が軸線44を中心として回転する際にピストンの瞬時の回転位置を基準の円周点に相対的に表わす。各1完全回転毎に信号が反覆するが1完全回転中に各1°の増分が独特に識別されることは理解できよう。ピストン42を回りセンタースピンドルと部品駆動手段とに適当に円周方向に装着することにより、切削工具56の先端に向けられるピストンスカートの点は符号器54の信号がどの瞬時にも工具の先端に向けられている円周座標を独特に識別するよう符号器54が出す信号に常に関連せしめられる。

符号器54からの信号は計算機数値制御回路58に送られる。符号器54の信号を計算機数値制御回路58が処理する

方法は後記する。

タコメータ52からの信号はサーボ増幅器60にフィードバックされこの増幅器はサーボモータ50の速度を制御する。サーボ増幅器60は従来構造のものでありタコメータ52と共働してサーボモータを閉ループ制御して閉ループ制御に使用する速度フィードバック情報を出す。

サーボ増幅器60への指令信号は計算機数値制御回路58により送られ適当な旋盤がけ速度を定める。

序文における説明により理解できるように、工具56はピストン42のスカートに沿い軸線方向に通過しそれと同時に軸線44に相対的に半径方向に僅かに振動せしめられスカートの偏心性を与える。

部品に相対的な工具の運動の軸線方向成分は軸線44に平行な方向に送られるスライド62により与えられる。便宜上、この軸線方向成分はZ軸として示してある。

Z軸送りはサーボモータ64により行い、このモータは、たとえば、ボールねじ・ナットの如き任意適当な機械的機構によりスライド62に作用的に接続されている。

サーボモータ64は従来の装置でありそのシャフトの位置と速度とはタコメータ52と符号器54とによりサーボモータ50を監視すると同様に符号器66とタコメータ68とにより監視する。タコメータ68と符号器66とはフィードバック情報を計算機数値制御回路58に送る。

サーボモータ64を制御するサーボ増幅器70に適当な信号を発することにより計算機数値制御回路はサーボモータ64の閉ループ制御回路の一部を形成する。計算機数値制御回路は旋盤がけされる特定の部品用の適当なZ軸送り速度を定めるプログラム入力を受信し、閉ループ制御回路はスライド62用の適当なZ軸速度、従つて、ピストンに沿い軸線方向に切削工具を送る速度を生じるようサーボモータの速度を制御する作用を行う。

便宜上Z軸運動と呼称する切削工具の半径方向成分は電子的および機械的構成要素を含む閉ループ制御装置すなわちシステムにより与えられる。これらは詳細に後記する。第6図と第7図を参照すると、これらは一般にスライド62に支持されたリニアモータ72を含むものと定義する。このようにして、Z軸とX軸との合わせた運動がサーボモータ64とリニアモータ72との合わせた作用により切断工具に与えられる。

リニアモータ72は切削工具のX軸運動を精密に制御するため使用する別の閉ループ制御システムの一部である。瞬時の位置はリニア位置変換器74が監視し瞬時の速度はリニア速度変換器76が監視する。これら2つの変換器はリニアモータ72を制御するサーボ増幅閉ループ制御システム80にフィードバック信号を送る。サーボ増幅閉ループ制御システム80への入力指令は高速データリンク82を経て計算機数値制御回路すなわちシステム58が受信する。操作パネル78が計算機数値制御回路58に関係していて実行される部品プログラムを受信するようにしてある。

簡単にいえば、計算機数値制御回路58は、たとえば、第1図と第2図とを参照して前記した如く形成する部品表面を決めるプログラムから生じた指令を発し、サーボ増幅閉ループ制御システム80はこの指令を処理してリニアモーター72に対応する制御信号を送り工具のX軸位置を所望通り制御する。たとえば、楕円形輪郭の場合にはサーボ増幅閉ループ制御システム80はピストン42の1完全回転毎に切削工具56を2回振動させる。

第7図に示してあるように、切削工具はリニアモーターの中心線から僅かにかたよらせることができるがX軸運動は軸線44に相対的な半径に沿い正確に少くともほぼそれに沿う。このようにして、切削工具の先端の位置はピストンのスカートに与える所望の表面を画くようにされる。

第8図、第9図、第10図および第11図にはX軸運動を切削工具56に与える機構が詳細に示してある。この機構は任意適当な手段によりスライド62に装着されるヘッド82を備えている。ヘッド82は基板84と、頂部キャップ88と、頂部カバー90とを備え、これらは互いに組合わせてリニアモーター72および2個の変換器74、76用の被包を形成している。

第8図と第10図とから分かるように、基板84は水平の底壁92と直立の側壁94、96とを備えている。従つて、第10図のX軸を長さ方向に見て、基部84はほぼU字形の断面を有していると考えることができる。

前端ですなわち第8図から見て右端で基板84は頂部キャップ88によりおおわれ、後端または左端が頂部カバー90により包囲されている。リニアモーター72はヘッドの後部内に包囲され軸線97を有している。

リニアモーター72は磁石組合わせ体98とコイル組合わせ体100とを備えている。磁石組合わせ体98は環状で軸線97に対し偏心した軸線を有している。コイル組合わせ体100もまた環状で磁石組合わせ体98と同軸である。

磁石組合わせ体98は基板84に装着するよう外側に1対の棒104、106(第10図)が固定されているほぼ環状のフレーム102を備えている。これらの棒は基板84の稜108、110に着座しフレーム102は基板の底壁に設けた適当な孔を貫通して棒104、106のテーパ孔内に延びているねじ112により基板に固着してある。

磁石組合わせ体98は更にまたフレーム102内に同心に配置した磁石114を備えている。磁石114は円形の環状を有しフレームより短い。磁石114は軸線97と同心になるよう任意適当な方法でフレーム内に取り付けてある。

磁石組合わせ体98はフレーム102に取り付けた端板116により後端が閉じられている。中心の円筒形ハブ118が端板116に装着されそれから前方に突出している。磁石114と共働してハブ118は円形の環状スペース120を形成しコイル組合わせ体100の後部がこの自由スペース内にあ

る。コイル組合わせ体100は前端がキャップ126によりキャリ

ジ128に取り付けてある円形環状の壁すなわちボビンを備えている。キャリジ128はキャップ126から前方に延び工具56用の適当な工具台130を有する前端で終つてい

る。キャリジ128は軸線97と同心軸線と第10図に詳細に示した如き四角形断面とを有している中空の環状棒として示してある。キャリジの軸線はX線と平行でキャリジはリニアモーター72により軸線方向に運動するようにしてある。キャリジ128は複数の組のローラによりヘッド82上を正確に案内される。ローラは低摩擦装着部を形成するがしかも切削負荷に抵抗するに十分で、従つて、旋盤がけ中常に切削工具は指令に正確に従い旋盤がけされている部分に所望の表面を切削できる。

キャリジ128を案内するローラは複数の組にして配置してある。便宜上、これらローラは垂直に作用する組と水平に作用する組とすることが好ましい。キャリジは垂直の組のローラにより垂直に抑制され水平の組のローラにより水平に抑制されている。

垂直の組のローラは第8図と第10図とに示してあり下半分の組132と上半分の組134とから成るものとして示してある。上半分の組134はばね負荷され下半分の組132はばね負荷されてない。

上半分の組は同じ寸法のローラすなわちホイール158を備えている。これらローラのうちの2個は後軸146の端部にあり他方他の2個は前軸142の端部にある。後軸140は後部ヨーク144に支持され前軸142は前方ヨーク146上にある。2つのヨーク144、146は板ばね組合わせ体148により互いに接続され、この板ばね組合わせ体は後部ヨーク144の前部と前部ヨーク146の後部との間に延びている。板ばね組合わせ体は板ばね組合わせ体のアパーチャを貫通してヨークのテーパ孔内に延びているねじの如き任意適当な手段によりヨークに取り付けてある。板ばね組合わせ体は第10図に示した如く中心に配置されている。

板ばね組合わせ体には更に符号150で示した個所で頂部キャップ88の下側に取り付けるよう長さの中心に位置決めした1つまたはそれ以上の数のアパーチャが設けてある。取り付けは板ばね組合わせ体の1つまたはそれ以上の数のアパーチャを通り頂部キャップ88に設けた対応する1つまたはそれ以上の数のテーパ孔内に延びている1個またはそれ以上の数のねじの如き任意適当な手段により行う。スペーサを使用してもしなくても良い。

下半分の組132は総数で6個のローラ138を備えている。これらローラのうち2個は後部にあり軸140の下にある軸156に装着されている。下半分の組の残りの4個のローラはそれぞれの軸158、160に複数の対にして配置されている。

後軸156は基板84の稜162に固着したヨークに装着されている。2つの前軸158、160はある程度調節できるヨーク164上にある。

10

20

30

40

50



ヨーク164の底面には1対の孔が設けてあり対応する1対のねじ166の末端がこれらの孔内に延びている。それぞれのねじ166が第11図に詳細に示してある。ねじの末端は丸味を付してあり対応するヨーク孔の截頭円錐形状のテーパ付き端部が着座する支え面を形成している。ねじはそれぞれが垂直に調節できるよう基板84のテーパ付き孔にねじ込んである。このようにして、4個のローラから成る前方の組を垂直に位置決めできる。所望の調節を行つた後、薄ナット170によりねじを錠止めする。ねじと薄ナットとは凹所172に導入する適当な工具（図示せず）により調節できる。ねじを調節した後凹所172は適当なプラグ172aにより閉じることができる。

従つて、上半分の組134は互いに間隔をあけた個所でキヤリジに下向きの力をかける4個のローラを備え、下半分の組132は下から支持する。頂部キヤツプはその内面が上半分の組のローラを収容する形状になつている。ばね負荷の程度は板ばねの特性とそのゆがみ量との1関数である。ばねの特定の構造は良予想される切削負荷に左右さればね力は負荷によるゆがみを防止するに十分とする。板ばねは1板か複数枚の板で構成できるようにしてある。

このような配置にすると案内および抵抗の目的でキヤリジをヘッドにしっかりと装着するがしかもキヤリジが抵抗を最小限にして軸線に沿ひ軸線方向に往復運動できるようにする。

ローラの水平の組はキヤリジ128の各水平の側に1つつにして2個の半組から成る点で垂直の組に似ている。第10図に示してあるように、1つの半組のローラ174が右側にあり他の半組が左側にある。

半分の組174は前記した下半分の組132に似ていてまた半分の組176は前記した上半分の組134に似ている。水平の組における10個のローラはいづれも符号178で示してある。これらのローラは半分の組174に6個のローラ178があり半分の組176に4個のローラ178があるように配列してある。半分の組174の6個のローラは下方の半分の組132の6個のローラ138と正確に同じように配列してある。いい代えれば、1対のローラが後部ヨーク上にあり他の2対のローラが前部ヨーク上にある。前方の対はヨーク164が垂直に位置決めできると同様にキヤリジ軸線に相対的に横方向に位置決めできる。半分の組174の2対の前方のローラを位置決めするそれぞれ2個のねじと薄ナットとはそれぞれ符号182、184で示してある。適当に調節および錠止めを行つた後は基板84（第9図）の外側に取り付けたカバープレート186によりねじとナットとに手が届かないようにする。

半分の組176は上方の半分の組134と同じようにばね負荷され長さの中心が基板84の側壁94に取り付けた板ばね組合わせ体188を備えている。この構造にすると、水平の組は案内および荷負抵抗の目的でキヤリジ128を水平に抑制するがしかもできるだけ抵抗を少くしてキヤリジが

軸線方向に往復運動できるようにする。

保護ベロー190が切削作業を行う個所でキヤリジのまわりのヘッドの内部を密封する。ベローはキヤリジ128の前端のまわりに前端が密封してはまり込む小さい4側アパーチャを備え装着リング192を介してヘッド84の前部に密封して取り付く層状4面後部孔にまで延びている。ベローは保護的目的のため頑丈で耐久性であるがしかもキヤリジをヘッドに移す際にあまり抑制力をかけない程度の可撓性を有している。

10 リニアモーター72を更に詳細に説明する。銅の層204がハブ118とフレーム102と端板116との間の接続部に示した如く位置決めされた軟かい銅製リング206との外側にかぶせてある。自由スペース120を通る磁束を生じるよう磁石114を成極する。自由スペース120には非常に均一な磁界が生じコイルの組合わせ体100の電氣的コイル200がこの自由スペース120内に配置されている。

コイル組合わせ体100はコイルを内部に固定する適当なスロット202を備えることができる。コイルを電流で付勢し、この電流の大きさ如何により自由スペース120内に磁石114が生じた磁界とコイルを流れる電流が生じた磁界との間にある程度相互作用が生じる。その結果コイルに軸線方向の力がかけられ従つてまたコイル組合わせ体とキヤリジとの全体にもこの力がかかる。この力はキヤリジをコイルに導かれる電流の1関数として選択的に位置決めするのに有効である。いい代えれば、コイル200内の電流を制御することにより、キヤリジ128の動きもまた抑制され、本発明においては、従つて、切削工具の往復運動はコイル200内の電流を制御することにより制御される。コイル200からのワイヤが制御装置すなわち

30 システムに接続するプラグ203にまで延びている。リニアモーター72に関係した2個のセンサー74、7もまたヘッド82の内部に収容されている。LVTセンサー76は端板116とハブ118とに設けた適当な孔を貫通して同心に差し込んだ管210上に配置したコイル208として具体化してある。端板とハブとに設けた孔は管とコイルとの外径より大きくて良く、従つて、管を固定して支持するため両端にブッシング212を使用できる。コア214が管210内に配置され桿216によりキヤツプ126に接続されている。リニアモーター72によりキヤリジ128を往復運動させるとコア214を管210と共に同様に往復運動させる。これによりコイル208には瞬時の速度に対応する信号を生じコイルは制御システムに接続するプラグ218に導線を介して接続されている。

40 LPTセンサー74は更に前方に位置決めしてある。このセンサーは非常に微細に解明できる高精度の装置である。そのような装置の1例はハイデンハイム (Heidenhain) センサーである。このセンサーはキヤリジ128に取り付けた格子状のスケール220とそれに向かい合つてヘッド82内に固定して装着した検知ヘッド222とを備えている。50 導線が検知ヘッド222からプラグ224にまで延びこのブラ

グはLTP信号を制御システム80に送る。

ヘッド内には更にまた2個の追加のセンサーも位置決めされている。一方のセンサーはキヤリジのホーム位置を定めるホームセンサーであり他方のセンサーはスケール220が検知ヘッド22上で作用してる時に検知するオンスケールセンサーである（これらセンサーは後述する第12C図に略図で示してある）。

ヘッド上におけるキヤリジ128の運動範囲は複雑な旋盤がけ作業を行う狭い範囲より大である。従つて、精密なLPTセンサー74はキヤリジの総運動範囲のうちの限られた程度にわたり作用する。

旋盤がけ作業の始めにキヤリジをホーム位置から実際の切削を行う位置にまで前進させる。このことに関して、ホーム位置と目盛りセンサーとが適当な制御を行いそれによりキヤリジはセンサー74が制御を行い精密な旋盤がけ作業が行われるようになるまでキヤリジが目盛上に達するまでホーム位置から敏速に前進することが理解できよう。精密な旋盤がけ作業が終ると、キヤリジはホーム位置に敏速に後退できる。

キヤリジの運動範囲はクラツシユストツバ230、232で制限する。これらクラツシユストツバはキャップ126に作用するようヘッド82内に配置されているスペーサ部材234がフレーム102と頂部キャップ88の後部壁との間に取り付けてあるクラツシユストツバ230はスペーサ部材234の内部が頂部キャップ88の端面に衝合するヘッド82内に取り付けてある。

他のクラツシユストツバ232は軸線と同心にハブ118の前端に装着した円形の環状部材236の形式である。キャップ126をコア214に接続する桿216はクラツシユストツバ232の中心を通る。キヤリジの後退運動はキャップの軸線方向後面でクラツシユストツバ232に衝合することによりまた前進運動はキャップ126の前周における面取り部がクラツシユストツバ230に衝合することにより制限される。クラツシユストツバの目的はキヤリジが好ましくない程に過度に運動するのを防止することであり通常の機械加工ではクラツシユストツバは働かない。これらクラツシユストツバはコイル200を不適当に制御したような場合に働き、コイルを不適当に制御すると好ましくない潜在的に危険な行を生じる。

総数で3個のプラグ203~218、224が頂部カバー90に装着され、それぞれのプラグは制御システムに接続する対応するコネクタとつがいになつている。

頂部カバーはヘッドの内部にその後部から届けるよう便利に取り外し可能にねじにより取り付けている成形した部品である。ヘッドの残りの構造はキヤリジと音声コイルモーターとを支持する頑丈な部品で構成されている。使用する際にはヘッド82を包囲する。内部にある程度空気を循環させることが望ましいこともあるが、好ましくない汚染物を導入しないようにする。空気の循環は、たとえば、循環される媒体を汚過した空気として基板92に

設けた出入口孔（図示せず）を使用して行う。ヘッドを構成するため種々の構成部品を従来方法で組み立てる。組立てた後、キヤリジが所期の通路をたどるよう典型的にはローラを調節する必要がある。キヤリジをヘッドに並べるため、1対の孔242、244が設けてありこれらの孔は並べを行うため使用するインジケータまたはその他の機器を取り付けるため使用する。ローラを調節することにより所望の調節を行つた後、薄ナットにより調節ねじを錠止めして固定する。

10 キヤリジとそれと共に運動する部品との質量を考慮してこれらはチタンの如き丈夫で軽量の材料で作る。磁界をできるだけ好ましい特性にするため、磁石114はサマリウムコバルトの如き特殊な合金で作る。

旋盤がけ作業中、コイル200内の電流をキヤリジと切削工具とを所望程度振動させるような方法で制御する。従つて、コイル内の制御電流は所望の振動運動に対応する振動成分を含む。振動電流を生じる方法は第12A図、第12B図および第12C図と以下の説明とを参照することにより一層理解できよう。

20 第12A図、第12B図および第12C図と一緒に考察すべきでこれらは一層詳細な線図を構成している。先づ第12C図を参照すると、リニアモーター72とセンサー74、76とが線図で示してある。この図にはまた先に説明したホームセンサーとオンスケールセンサーとが示してありそれぞれ符号302、304が付してある。これら2つのセンサーはそれぞれ増幅器306、308を有していて増幅器310もまたLTVセンサー76に組み合わせてある。今説明したこれら部品はすべてヘッド82内に収容されている。これらはプラグ203、218、224を介して制御システム80に作用的に持

30 続されている。ワイヤ312、314がリニアモーター72を制御システム80に接続している。ワイヤ316、318、320、324、326がこれら種々のセンサーを制御システム80に接続している。制御システム80はリレーラック部分328と電子的部分329とを含んでいる。ヘッド82から延びているワイヤのいくつかはリレーラック部分328内の装置に接続されその他のワイヤは電子的部分329にまで延びている。

リレーラック部分328は制御ユニット330と電力増幅器332とを含みこれらはリニアモーター72に関係している。

40 制御ユニット330は可動接触子336を制御するリレーコイル334を備えている。ワイヤ312が可動接触子336に接続されこの接触子はコイル334により以下の方法で制御される。

コイル334が1つの状態にあると、接触子336はパワー増幅器332から延びているワイヤ338に接続されている。いい代えればコイル334がこの状態にあると、電力増幅器332はリニアモーター72を制御する。

コイル334を別の状態に作用させる場合には、接触子336をワイヤ312を電圧基準Vにまで延びている別のワイヤ340に接続するよう動かす。この状態では、電圧基準Vは



工具を後退させるよう制御する。

ワイヤ342、344が制御ユニット330とパワー増幅器332からそれぞれ延びている。モーター過電流プロセッサ指令部348からのワイヤ346に接続している。モーター電流プロセッサ指令部348はコイル334の状態を制御し、従つて、モーターがパワー増幅器332か電圧基準Vかにより動作されているか制御する。

ワイヤ344がワイヤ350に接続しこのワイヤを経て指令信号がパワー増幅器332に送られる。パワー増幅器332は第12C図に示した状態にある接触子336によりモーター72に接続すると、ワイヤ350が送る指令信号がモーターを制御する。パワー増幅器と制御ユニットとをワイヤ346と356とに接続するにはリレーラック部分328と電子的部分329との間の他のワイヤ用の追加の接続部を形成するよう示したコネクタ・プラグ352を介して行う。

リレーラック部分328はまたセンサー74に作用的に関係した乗算器354も含んでいる。3本のワイヤ318、320、322は乗算器345への入力側であり乗算器354から3本の出力ワイヤ356、358、360が延びている。これら3本のワイヤ356、358、360はコネクタ・プラグ352を介してそれぞれのワイヤ362、364、366に接続されている。

センサー74はスケールが検知ヘッドを通り移動する際に線路318、320、322に出力信号を出す。線路318、322は互いに90°位相外れにしたそれぞれの方形波を送る。理解できるように、この2つの信号の周波数は運動速度に関連した距離対速度位置の関係によりまた情報が得られる。相対的に90°の位相外れを含むことにより、線路318、322により送られる2つの信号はまた方向情報も含む。

チャンネル320を経て送られた信号はスケールに沿う所定の個所を表わす基準位置マーカ信号である。この個所は絶対基準位置として使用する。

乗算器354は信号を処理して解明を高める。乗算器354はセンサー74を製造すると同じ会社が製造した標準の装置である。

ワイヤ368、370がコネクタ・プラグ352を介してそれぞれのワイヤ324、326に接続されている。

従つて、第12C図は一般に第7図に概括的に示したブロック図に関係した構成部品の先の説明に関連している。次に、第12A図と第12B図とを参照して制御システム80を更に詳細に説明する。

第12A図において、多母線380は高速度データリンク82を介して計算機数値制御回路58を有する制御システム80に接続している。多母線380は制御システム80のいくつかの装置に関係しこれらの装置は一般にデータ受信器382と、アドレス解読器384と制御装置386とを含むものとして示してある。多母線380への入力はデジタル形式でデータ情報、アドレス情報および制御情報を集合して明示する。たとえば、データ情報はキヤリジの位置を指令するX軸位置情報を表わし、アドレス情報はデータ信号ま

たは制御信号を受信する制御システム80内の特定の装置を表わした制御情報はアドレス信号と共に制御システム80内のデータ情報の流れを制御しあるいはまた制御情報はある装置に直接指令を出すことができる。これらの装置が第12A図に概括的に示してあることとまた実際に制御を行う際にこれらが多母線380が受信した入力を適当に利用するよう種々の装置を接続する特定の線路であることとは理解できよう。

なお第12A図を参照してキヤリジのX軸制御を行う方法を説明する。工具のX軸位置指令を表わす入力データを位置パツファラッチ400に入力する。位置パツファラッチ400は先の位置ラッチ404に接続した現位置ラッチ402に接続している。作動すると、入力データの流れはラッチ400からラッチ402に次いでそれからラッチ404にと順次に流れる。いい代えれば、データを先行するラッチから継続するラッチに順次に移動する。もし $n=360$ でまたピストン旋盤がけ速度が40r.p.s.であると仮定すると、データの流量は14400ヘルツである。従つて、ラッチ400、402、404はラッチ404の出力と共働してチャネルを形成し瞬時位置指令をデジタルの形式で出す。デジタル-アナログ変換器(DAC)406がデジタル指令位置をアナログ位置に変換する。この位置は加算接合部408に入力として送られる。便宜上、瞬時指令位置は $X_i$ とする。ゲート410が「プロセッサ」及び割込みと称する2つの入力を受信する。正常な旋盤がけ作業ではデータはチャネルを通り前記した如き方法で順次に通る。しかしながら、ある条件では割込みを求め、割込みはラッチ402、404に作用するゲート410を作動させることにより行う。プロセッサおよび割込み信号は計算機数値制御回路58または制御パネル78もしくはその両方から受信した制御信号を表わす。

ラッチ402の出力はデジタル減算回路412の1つの入力側に送られ、他方ラッチ404の出力はデジタル減算回路の他方の入力側に送られる。デジタル減算回路は2つの信号を減算して2つのラッチ402、404が記憶した現在位置と先の位置との間の相違に相等する出力信号を出す。どの瞬時にもデジタル減算回路412の出力は指令されるX軸運動の次の増分の大きさを表わす。

回路412の出力はDAC416に入力として送られる。DAC416への基準入力第2のDAC414から送られ、この第2のDAC414はあるデータを受信する。DAC416からの出力信号は積分器418と回路420とに共に送られる。積分器の出力側は加算接合部408の第2の入力側に接続されている。回路420の出力側は別の加算接合部422(第12B図)の入力側に接続されている。加算接合部408の出力側はまた加算接合部422の入力側である。

積分器418を含む回路はある条件の下で選択的に使用する。基本的には、使用の際には加算接合部408の出力をキヤリジが一層滑かに運動するよう「滑かな」需要位置を構成するものと考えられるよう平滑化機能を行うこと

を意図している。

回路420は転送機能Xi上にsKiを行いこの場合にsはサーボ機構を数理的に説明するために使用した「ラプラス」演算子用の良く知られた記号である。

回路420は基本的需要位置に対するキャリジの応答を高めるため順方向送り信号を出す。基本的需要位置はラッチ404からDAC406に伝達され、DAC406は加算接合部408を介して加算接合部422に接続している。位置フィードバックは加算接合部422で減算され、この位置フィードバックを如何にして生じるかは後記する。

DAC406はXiに作用する利得Kiを有している。従つて、積分器418が作用していないと仮定すると、加算接合部422への入力信号は  $(K_i + sK_v) X_i$  である。位置フィードバック信号を加算接合部422で減算してリニアモーター72を制御するため使用する位置誤差信号を生じるのはこの信号である。位置フィードバック信号を生じる方法を以下に説明する。

乗算回路354が線路362、364を介して受信器424に接続されている。受信器424から延びている出力線路426は基準値変動カウンタ428の1つの入力側である。受信器424から延びている他の2つの線路430、432は方向論理回路434の入力側である。線路432もまたカウンタ428の1つの入力側に接続されている。方向論理回路434の1つの出力線路436がカウンタ428の別の入力側に復帰している。

基準値変動カウンタ428はゼロ基準と呼ばれている絶対基準点を設定するものである。ゼロ基準は前記した如く線路358に生じ線路364に伝達されるマーカ信号に应答することにより設定する。マーカ信号が生じると、基準値変動カウンタ回路428は計数をゼロ基準からのキャリジの運動の測定値としてゼロから計算を開始できるようにされる。方向論理回路434カウンタがX軸に沿うキャリジの両方向における運動に忠実に従うよう正しい計算方向を与える。マーカ信号が旋盤に絶対基準を構成するので、制御は次に絶対基準に関連せしめられる。切削開始位置レジスタ440には旋盤がけ作業を開始する絶対位置を構成するデータをあらかじめ読み込まして置く。このようにあらかじめ読み込ませるには旋盤がけ作業を切削工具が部品に不意に食い込むのを防止するため部品から僅かに離して開始するよう典型的には旋盤がけ以前に部品の予想寸法を考慮に入れるよう設定する。レジスタ440に読み込んだ切削開始位置データを基準値変動カウンタ428に記憶した瞬時位置と比較回路442により比較する。比較回路442は出力線路444を有し、この線路はキャリジがレジスタ440に記憶したかたよりをトラバースすると切削変動カウンタ446にキャリジの運動に対し従動を開始させる。従つて、カウンタ446はカウンタ428の絶対基準に相対的に切削開始位置レジスタ440にあらかじめ記憶したかたよりを算入する。

2つのカウンタ428、446からの出力はそれぞれラッチ

回路452、454に送られる。ラッチ回路は計算機数値制御に使用する多くの母線に関する情報を出す。

カウンタ446の出力が切削開始位置からのキャリジの運動を表わすので、この出力は閉ループ制御システム用の位置フィードバック情報を生じるため使用できる。この位置フィードバックは第12B図に  $X_v$  として示してあり利得Kpを有するDAC456に送られる。DAC456からの出力はかたよりに測定したキャリジの瞬時位置のアナログ測定度である。この情報はそれに転送関数

$$\frac{1}{1+sT}$$

を与え加算接合部460の1つの入力側に接続している回路458により処理する。

センタ76とその増幅器310とからの速度フィードバックは転送関数

$$\frac{1}{1+sT}$$

20 をこれに付加する回路464に増幅器462を経て伝達される。その結果による信号もまた加算接合部460に送られる加算接合部460へのこの2つの入力信号の和を加算接合部422において  $K_i X_i$  から控除して位置フィードバックループを閉じる。従つて、位置フィードバックは主として位置情報で構成されているが、このフィードバックはまた速度情報の1成分も含んでいる。

加算接合部422からの誤差信号は接触子450を経て別の加算接合部466に送る。接触子450は装置448により制御しこの点に関して、装置448、450は共に図示した電気機械的なものほかにソリッドステートでも良い。装置448はカウンタ446を有効化することにより作用せしめられ、作用せしめられると、装置448は接触子450に加算接合部422から加算接合部466にまで導通させる。このことは旋盤がけ作業の開始時に閉ループ位置制御の開始を表わす。

増幅器462からの速度フィードバックもまた加算接合部466の減算入力側に送りこの加算接合部の出力は増幅器468に送られる誤差信号である。パワー増幅器332に指令を送るのがこの増幅器468である。

40 加算接合部422では加算接合部408からの信号から加算接合部460からの信号を控除する。積分器418が作用していないと仮定すれば、加算接合部422への需要位置はDAC406からの信号  $K_i X_i$  と前記した如く回路420からの信号  $sX_i K_v$  との和である。

加算接合部422で需要信号から控除した

$$\frac{K_p (1 + s K_v / K_p)}{s T + 1} x_0$$

に等しく、上式においてKpは位置フィードバック利得、Kvは速度フィードバック利得で

$$x_0 = \frac{v}{s}$$

で、この式において、 $v$ は瞬時速度である。

位置誤差信号は次の条件を満足させるようにされる、すなわち、

$$x_1 K_1 - x_0 K p_0 + s x_1 K_1 - s K v, x_0 = 0$$

上式において

$$K p_0 = K p \frac{(1 + s K v / K p)}{s T + 1}$$

および

$$K_2 = K_1 (K v_2 / K p_0) \text{ である。}$$

以下の関係を満足するようパラメータ  $T$  を選択することにより特に有利な利点が得られる、すなわち、

$$T = K v / K p$$

また

$$K_2 = K v_2$$

$$K_1 = K p_0$$

と設定することにより利点が得られる。

これらの関係を満足するため個々の回路構成要素を選択するには電子のおよびサーボ機構の設計に使用する従来の設計技術を実施することにより達成する。

スイッチ450が加算接合部422の出力側を加算接合部466の入力側に接合する位置にあると、制御システムは作業を制御する位置を占め部品に精密に旋盤がけを行う間はこのモードを使用する。

以上の説明と添付図面とを考察することにより、作業が位置制御モードにあると、速度フィードバックを生じるマイナーフィードバックがまた位置誤差信号を変える作用を行う。この変更は加算接合部466で生じ増幅器468への誤差信号入力を生じこの増幅器は給電装置332に作用してリニアモーター72をそれに相等して制御する。

部品に対する作業シーケンス中、作業の位置制御モードは一部の時間中のみしか作用しない場合がある。1つの典型的な作業シーケンスは切削工具を部品に近接させた後に初めて実際の旋盤がけ作業を行えるようキャリジをホームすなわち後退位置から工具に向け前進させることを含む。

ホーム位置から部品から僅かに離れた位置にまでのキャリジの運動範囲にわたり、制御システムは速度フィードバックのみが作用する速度制御モードで作用する。

速度制御モードでは、CNCから受信しDAC470によりアナログ信号に変換された需要速度信号を加算接合部466に導くようスイッチ450を作動させる。需要速度は特定の部品プログラムにより設定する。この部品プログラムはまた切削開始位置レジスタにかたよりすなわち作業の位置制御モードを開始する点を表わすデータで設定する。制御システムを作業速度制御モードにして工具とキャリジとが部品に向け前進するに従い、位置センサー74が基

22

準マーカを発し絶対基準点を制御システムに設定する。もし存在していればかたよりがトラバースされるまで速度制御モードは続く。

かたよりがトラバースされると、変動切削カウンタ446が作用する位置制御モードが始まり接触子450をDAC470からの信号ではなく加算接合部422からの信号を加算接合部466に導くよう切り換える。

計算機数値制御回路から受信し制御システム80が処理した位置データは入力位置指令が出されてリニアモーター72を閉ループ位置制御し、従つてキャリジと工具とを閉ループ位置制御する。このことに関して、位置指令を位置符号器54が供給するピストンの回転に関連させ、従つて、工具を、たとえば、部品を楕円形の輪郭に旋盤がけする第4図を参照して前記した如き通路をたどらせ、キャリジはピストンの1完全回転毎に2回振動せしめられる。制御システムはピストンのスカートに所望の輪郭形状を与えるよう切削工具を需要位置に忠実に対応させる。キャリジがホーム位置に戻せるようプログラムが実施されるまでこの処理が続く。

20 旋盤がけ作業は効率良く正確に行われる。制御電子光学と機械的メカニズムとの相互作用により部品が比較的到高速度で回転中工具の先端が部品に形成する所望の輪郭形状を厳密にたどれるようにする応答を達成する。更にまた、このことは旋盤の性能に障害となる好ましくないゆがみ、工具のがた等もなく達成され、リニアモーターと組み合わせたヘッドの構造はこのすぐれた性能を達成させるにあたり特に有利である。

工具が仕上げ作業を行つている時は本発明の有利な種々の面はきわめて容易に分かるが、これはピストンに最終の正確性を与える場合であるので、本発明は仕上げ旋盤がけ以外の作業を行うにも利用できる。たとえば、計算機数値制御を適当にプログラムすることにより、工具が半仕上げ旋盤がけ、溝付けおよび他の関係した作業も仕上げ旋盤がけに加えて行える。従つて、本発明の原理を具体化する旋盤はピストンの如き部品の旋盤がけに必要な作業をすべて行うようにしてある。これらの作業が計算機数値制御システムに組み込んだコンピュータプログラムにより数理的に決めることができるので、効率がいちじるしい正確度と改善となると同時に旋盤に大きな変更もなく異なる寸法および形状要件の部品を製造する多用性を与える。

30 計算機数値制御は制御装置に前記した従来方法で機能を行わせるようプログラムされている在来装置である。このことに関して、部品の形状寸法および旋盤の構造と配置とに関する知識に基いて作業プログラムを作るため従来のプログラミング技術を使用する。計算機数値制御は高速リンク82を経て制御システム80に信号を送るのに実時間に基いて必要な計算を行うことができる。たとえば、前にも述べたように、位置データ伝送の典型的周波数は14,400ヘルツで良く、関連した典型的寸法形状に対

して、機構はこの速度が入力に忠実に従うようにしてある。

本発明の原理を具体化する旋盤は切削工具が旋盤がけされる敏速に回転する部品に関連する変化に敏速正確に従うことができるようにする性能を示す。部品の輪郭形状の如何により、計算機数値制御システムからの特定の更新情報は位置情報の変化を含んでも含まなくても良い。たとえば、部品に軸線方向にテーパを付すと共に円形形状を与える場合には、切削工具の半径方向位置はピストンの1完全回転毎にせいぜい1回しか変化しなく、従つて、需要位置の更新情報は実際には部品の1完全回転毎にせいぜい1回しか変更しない。

本発明の多用性は容易に理解できるはずである。異なる工具寸法に旋盤がけするため旋盤を変更するには、計算機数値制御システムに新たなピストンの形状寸法に関する新たなプログラムを読み込むだけで良い。計算機数値制御システムは符号器54からのフィードバック信号と共にこのプログラムを処理して切削工具の半径方向位置に対する適当な指令信号を出す。第12A図、第12B図および第12C図を参照して前記した閉ループ制御回路は工具が指令に忠実に従えるようにする手段を備えている。

また、旋盤の機械的構造が比較的に小ぢんまりしていても僅かな変化にも敏速に応答できる能力と共に旋盤がけ作業を行う強度を示すという利点を有していることが分かる。

以上の説明に基いて、従来の工学的設計と製造手段とに従い旋盤の構造の細部が理解できよう。たとえば、板ばね機構の特性は第8図、第9図および第10図に示した如き旋盤の組立て状態において棒を力で抑制するよう選択する。かける力の程度は工具が通常の方法で被加工物を加工している時工具ががたついても好ましくないゆがみを常に防止する程度である。しかしながら、降伏可能に強制的に抑制する程度はキャリジがローラの組上を十分に転動する能力から大きく控除するには不十分である。ローラと棒との係合は降伏可能に力強いと述べたが、意図する作業条件の下で旋盤を典型的に使用するとローラを降伏させる結果とはならない。

キャリジ上のローラの作用は対称的で、従つて、キャリジにローラが降伏可能に強力に作用するのでキャリジには好ましくない曲げ負荷は生じないことがまた認められよう。カートリッジを矩形状断面にした棒状キャリジの向かい合う平行な表面に作用する直交する関連した(90°離れた)ローラとを使用することにより、キャリジは直線的に運動するよう正確に案内される。前にも述

べたように、2つの直交する2組の関連したローラの組のそれぞれが調節できるという特徴により、運動線は垂直面にも水平面にも正確に設定できる。また、ローラのみで運動中の部品を案内し抑制する作用を行うこともまた注目する必要がある。いい代えれば、リニヤモーターの電機子に直接作用する案内手段はない。

本発明は旋盤の重要な開発でありまた1つの好ましい具体例を説明したが、本発明の原理が他の具体例にも応用できることは理解できよう。

- 10 以上のように、本発明によれば、キャリジの両側部上で作動する対向した複数の組の回転部材を備え、偏倚装置により、各組の一方の回転部材が、被加工物を切削している間に工具に生じる反力に抗するのに十分な力で、キャリジの案内面に向けて付勢させられ、各組の他方の回転部材が定位置でキャリジを支持するようにしたので、偏倚装置により、キャリジが、各組の他方の回転部材側に常に押圧され、これにより、ガタツキやブレが全くない状態で、低摩擦で且つ強固に支持される状態となる。このため、楕円形断面形状などの非円形輪郭を有する加工物が形成されるように被加工物を加工する場合など、被加工物に対してキャリジを直線線路に沿って迅速に往復運動させる必要が生じても、ガタツキやブレが全くない状態で、工具に生じる反力を吸収しながらキャリジを迅速に往復運動させることが可能となることから、従来技術に比較してより高精度に被加工物を切削加工でき、この結果、複雑な形状をもった加工物をより高精度に形成できるという効果を奏する。

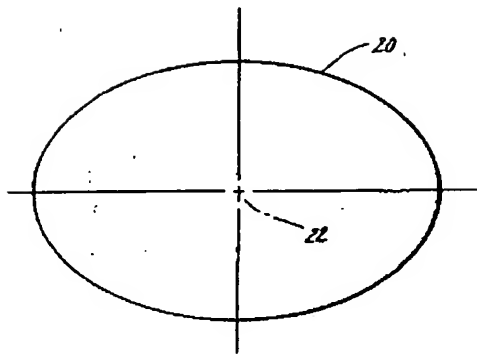
#### 【図面の簡単な説明】

- 30 第1図と第2図とは本発明の原理を説明するのに役立つ複雑な表面を示すそれぞれ端面および長さ方向線図、第3図は第1図と第2図とに示した表面の数理的定義を示す図、第4図は第3図に似ているが第3図に示した部品の表面の数理的定義を工具の数理的定義と関連させる図、第5図は第4図と共に代表的な複雑な旋盤がけ作業を説明するのに役立つ線図、第6図は本発明の原理を具体化する旋盤の総体的ブロック図、第7図は第6図の7-7線の矢印方向にほぼ沿い見た拡大図、第8図は旋盤の一部分を部分断面にして第6図の8-8線に見た正面図、第9図は第8図の9-9線の矢印方向に見たが例示の目的で一部分切欠いて示す拡大部分図、第10図は第9図のほぼ10-10線に沿い切断して示した横断面図、第11図は1つの構成要素を更に詳細に示す図、第12A図、第12B図および第12C図は一緒にして第6図の一部分を更に詳細に示すブロック図である。

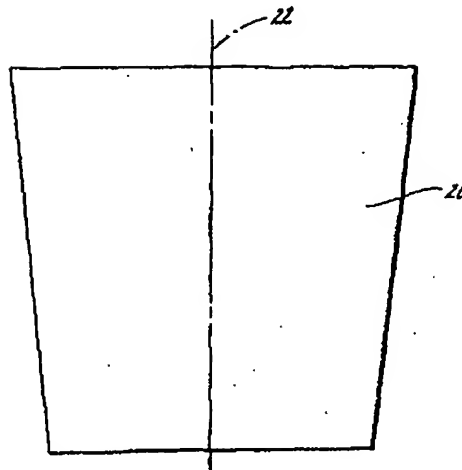
#### 【第4図】

$$\text{工具位置プロファイル} = g[f(0.3), \frac{d^2}{dt}, \frac{d^3}{dt}]$$

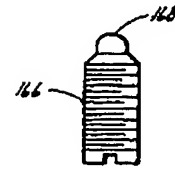
【第 1 図】



【第 2 図】



【第 11 図】

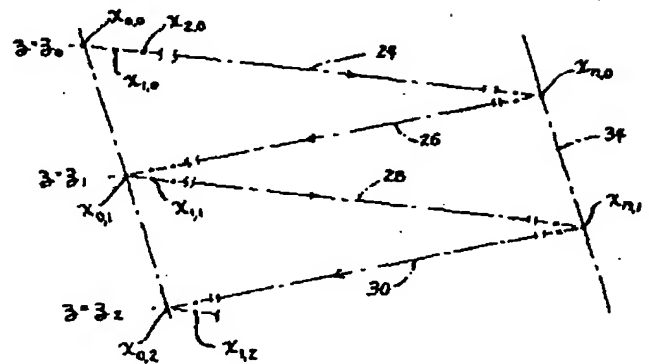


【第 3 図】

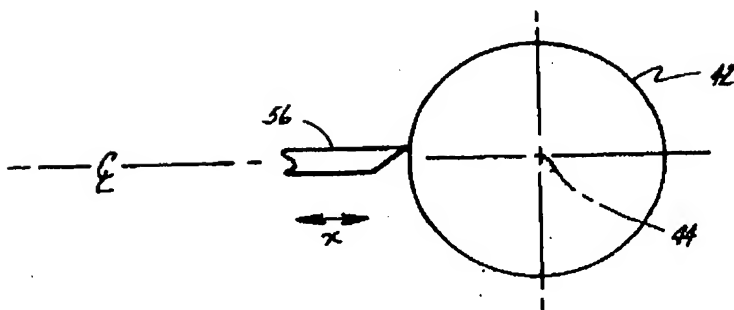
部品位置変位  $= f(\theta, z)$

$$= \begin{bmatrix} r_{0,0} & r_{0,1} & r_{0,2} \\ r_{1,0} & r_{1,1} & r_{1,2} \\ r_{2,0} & r_{2,1} & r_{2,2} \end{bmatrix}$$

【第 5 図】

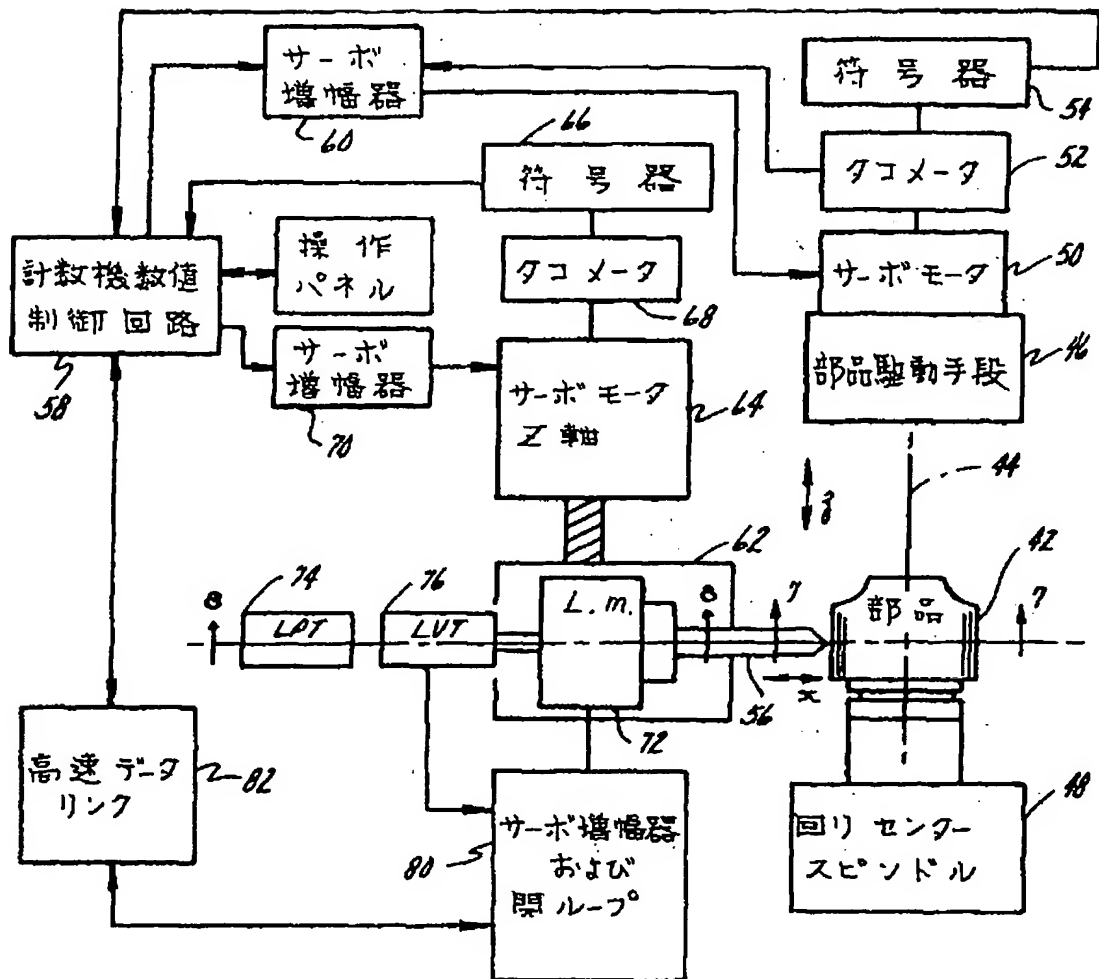


【第 7 図】

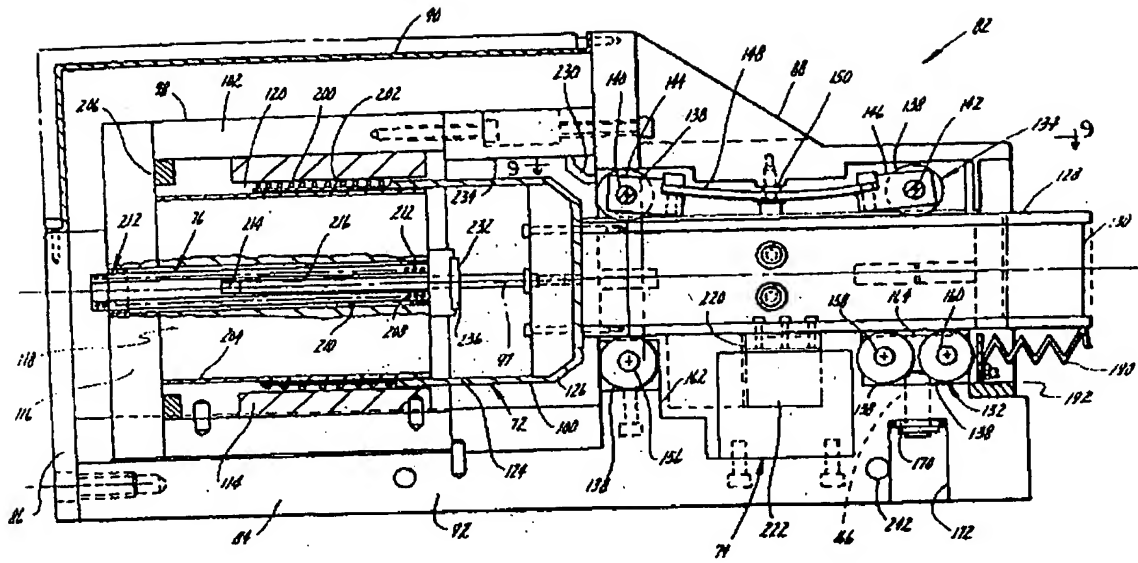




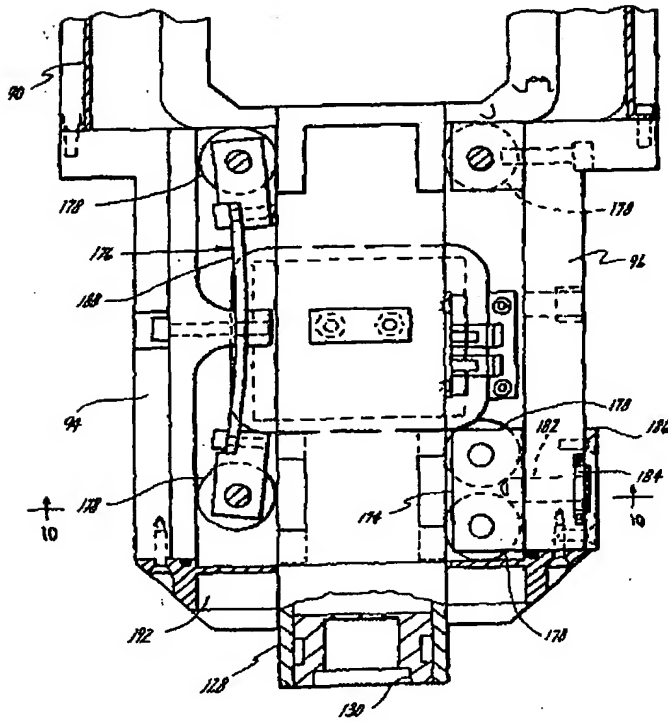
【第6図】



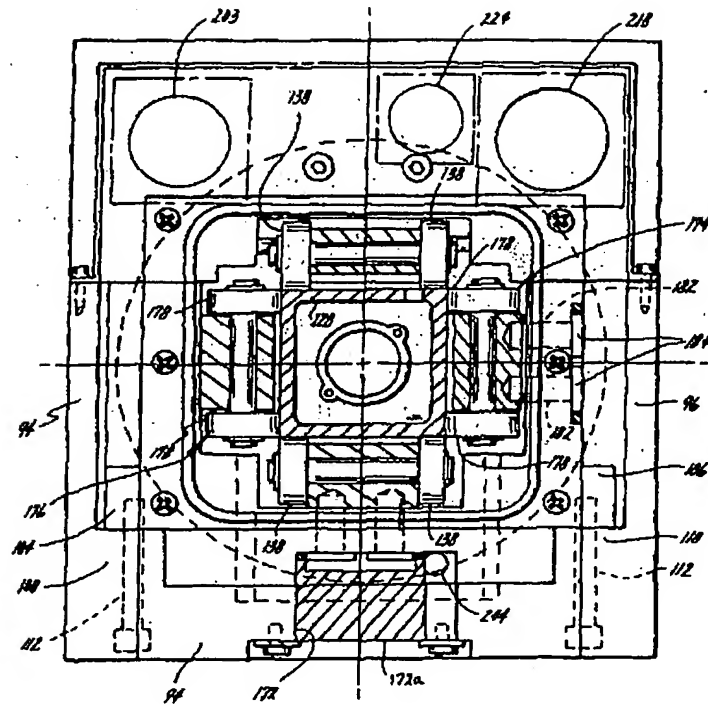
【第 8 図】



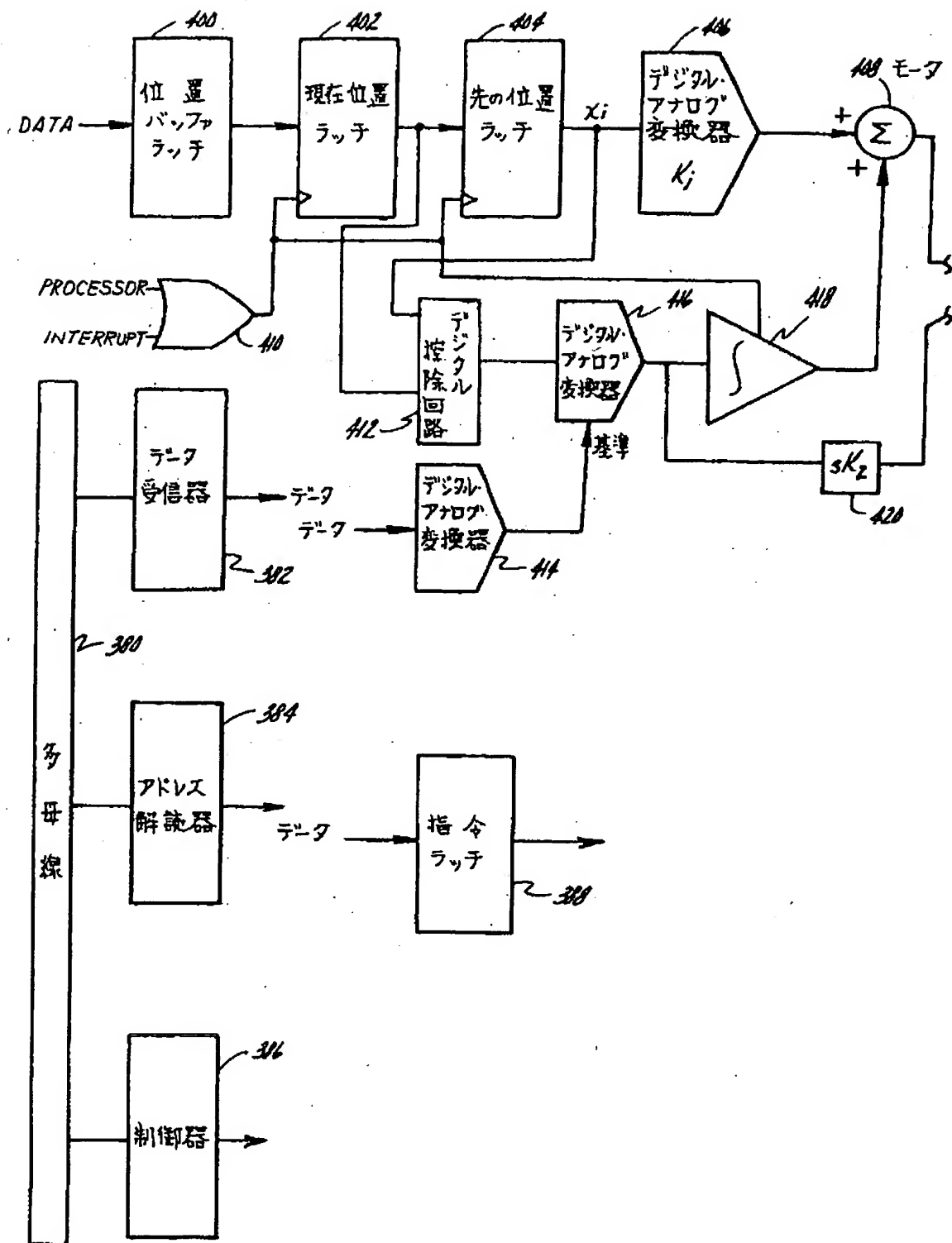
【第 9 図】



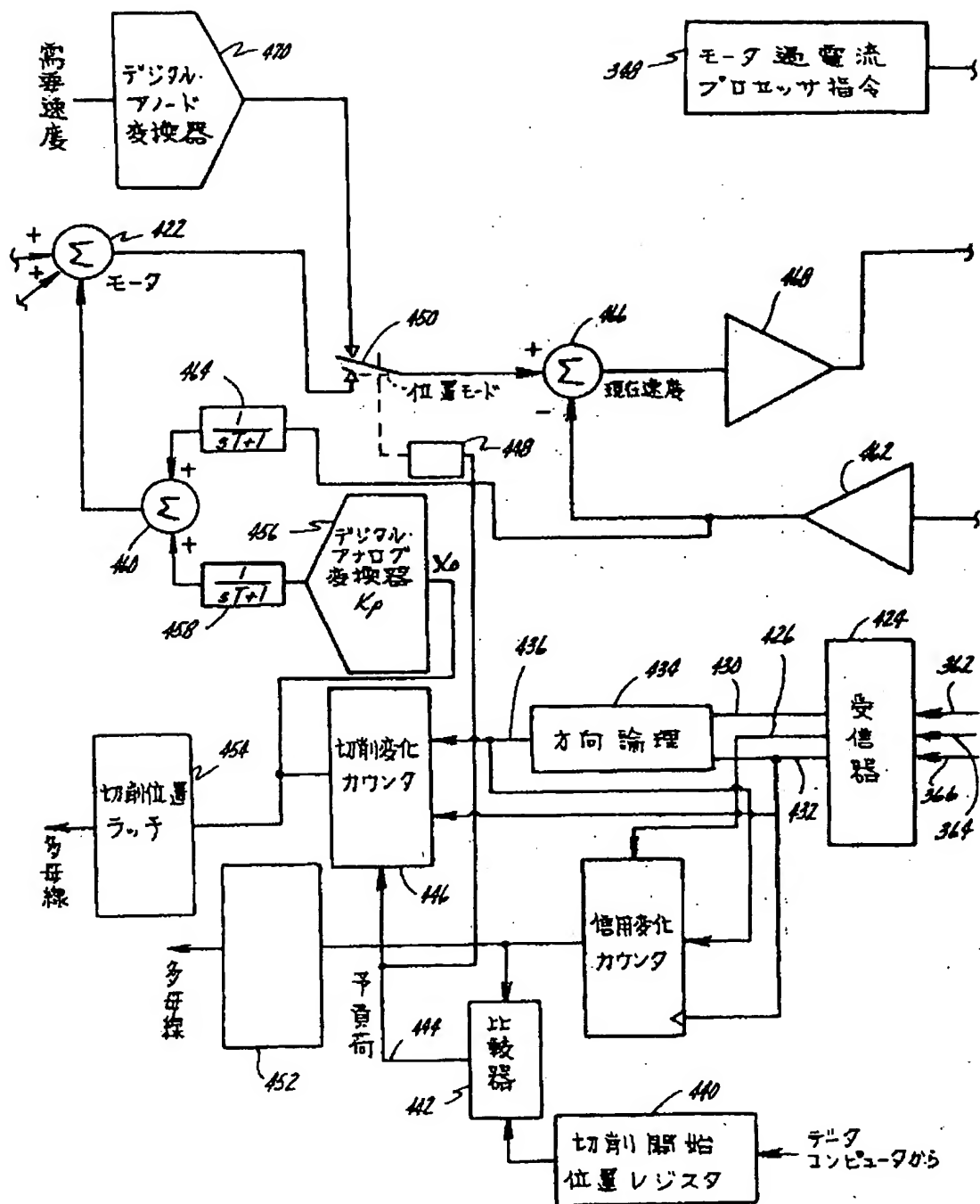
【第 10 図】



【第12A図】

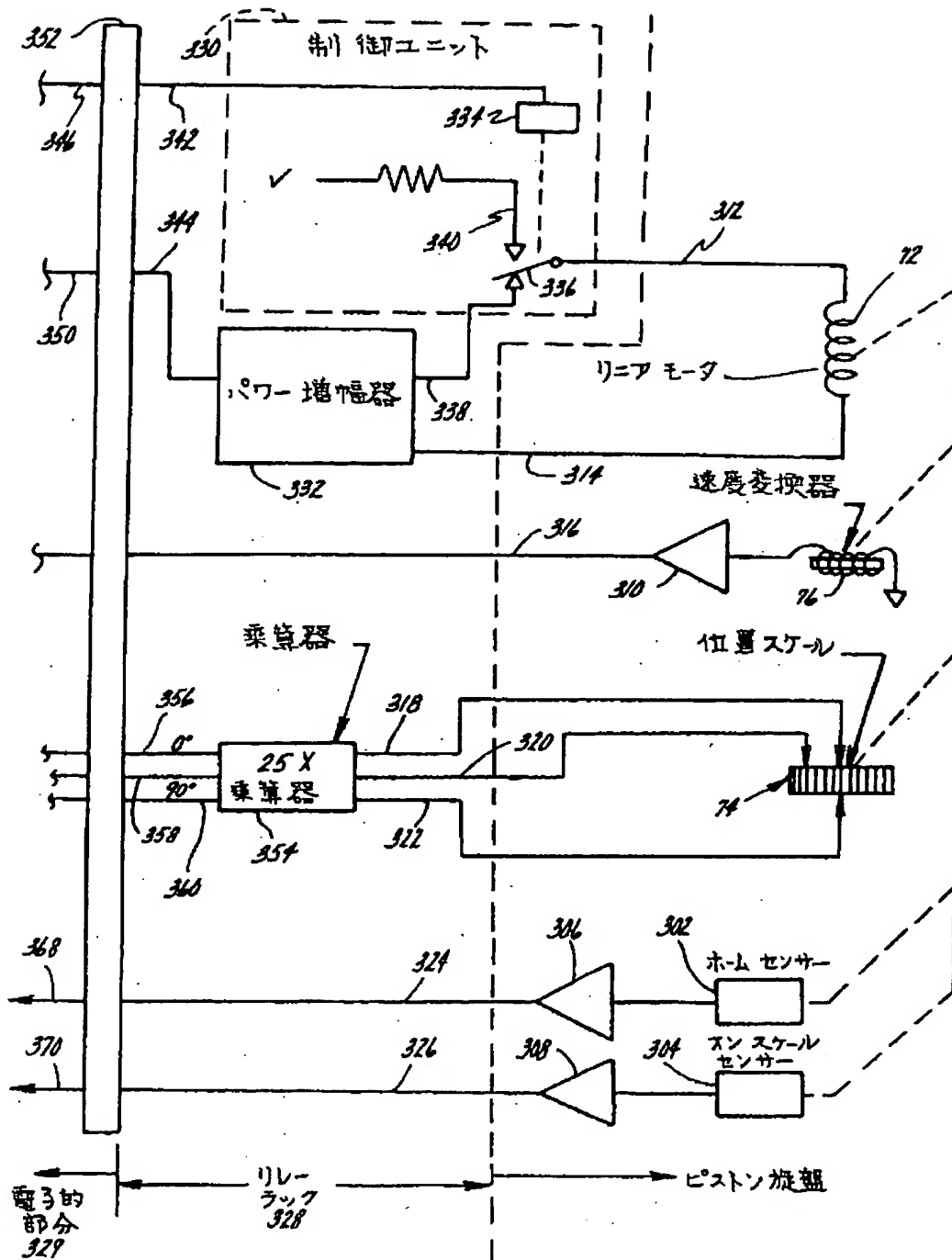


【第 12 B 図】





【第12C図】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開昭60-48506 (JP, A)  
 特開昭58-169212 (JP, A)  
 実開昭50-13286 (JP, U)  
 米国特許4203062 (US, A)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**